第46卷 第2期
2023年2月

干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

Vol. 46 No. 2
Feb. 2023

1980—2020年新疆土地利用变化下生态系统服务价值时空演变分析

马丽娜[1]， 张飞云[1]， 翟玉鑫[1]， 滕 伦[1]， 康建国[2]

（1. 新疆农业大学公共管理学院，新疆 乌鲁木齐 830052；2. 湖南农业大学资源环境学院，湖南 长沙 410128）

摘 要： 随着社会经济的发展，探究土地利用变化下生态系统服务价值（Ecosystem service value，ESV）时空演变对优化土地利用结构和区域持续发展有着重要意义。基于1980—2020年新疆土地利用数据，在ArcGIS和GeoDa支撑下，使用单位面积当量因子法、空间自相关等方法，分析新疆土地利用变化下ESV时空演变特征。结果表明：（1）1980—2020年新疆主要的土地利用类型是草地和未利用地，两者共占新疆总面积的91.00%。耕地和建设用地面积呈增加趋势，分别增长58.89%和166.79%；水域和林地面积减少量最多，分别减少29.95%和26.62%。（2）1980—2020年新疆ESV总体呈现"先增后减"的变化趋势，净减少1114.51×10^{8}元（6.68%）。从空间分布来看，新疆ESV高值区和较高值区主要分布在阿尔泰山、昆仑山、天山（简称"三山"）和伊犁河谷地区，中等价值区和较低价值区分布在绿洲地区，低价值区主要分布在盆地和沙漠地区。（3）1980—2015年新疆ESV变化很小，但2015—2020年北、中天山地区EVS变化显著。2015—2020年北、中天山地区高价值区减少75.29%，被中等价值区和较低值区取代；中等价值区和较低价值区分别增长13.64%和10.78%；低价值区有向中等价值区扩散趋势。（4）从ESV的空间自相关来看，局部相关性、热点分析呈现"西高东低"的空间分布特点。高-高集聚区、热点区分布在"三山"地区，低-低集聚区、冷点区分布在盆地和沙漠地区。水域和林地面积的下降是引起2015—2020年新疆生态系统服务总价值下降的主要原因之一。

关 键 词： 生态系统服务价值；时空演变；土地利用变化；新疆

文章编号： 1000-6060(2023)02-0253-11(0253~0263)

自党的十八大以来，我国把生态文明建设摆在全局工作的突出位置，良好的生态环境是最普惠的民生福祉。土地利用变化能够直接影响生态系统，从而影响其结构和功能，最终导致生态系统服务价值（Ecosystem service value, ESV）也明显改变[1]。生态系统服务是指人类通过生态系统的结构、功能以及过程得到的提供支持产品和服务[2]，主要包括：供给服务、调节服务、支出服务和文化服务。近些年来，国内外学者对生态系统服务的研究取得了丰富的成果。1997年Costanza等[3]以货币形式对全球ESV进行评估，提出了评价原理和方法。2003年谢高地[4]结合中国的自然生境和社会经济，提出当量因子法，并在2015年对其进行补充和修订[2]。从研究方法来看，主要是单位面积当量因子法和单位功能价值法，前者计算简单、可操作性较强，能够快速评估大尺度的区域ESV，应用较为广泛；后者计算复杂、操作繁琐，每种服务价值估算没有形成统一的标准，没有被广泛应用[5]。从研究尺度来看，主要分为宏观和中观，前者包括全国[6]、省域[7]、市域[8]、区域[9]、流域[10-12]、城市群[13]等，后者以格网[14]作为基本评价单元。

现有对新疆土地利用变化下ESV的研究主要集中在博斯腾湖、和田河、塔里木河等流域[10-12]以及和田等市域[15]，新疆作为中国土地面积最大的省

收稿日期： 2022-05-07； **修订日期：** 2022-07-19
基金项目： 新疆维吾尔自治区天池博士计划项目资助
作者简介： 马丽娜（1998-），女，硕士研究生，主要从事土地资源管理等方面的研究. E-mail: 1658329437@qq.com
通讯作者： 张飞云（1987-），女，副教授，主要从事水资源、土地资源管理等方面的研究. E-mail: feiyun42265@126.com

份，占中国面积的1/6，土地资源丰富且类型复杂，因此丰富新疆ESV的研究十分必要。王希义等[11]对1990—2010年新疆和田流域ESV进行研究，发现ESV下降了7.83%，主要受到草地、耕地、湿地面积减少的影响；张发等[10]对2000—2018年博斯腾湖流域ESV进行研究，分析了博斯腾湖流域的土地利用冲突现状及ESV时空变化；刘川等[16]对2007—2016年新疆ESV进行研究，但只是分析了新疆ESV的时间变化，没有对ESV的空间分布进行探究。本文将对新疆土地利用变化下ESV的时空演变进行分析，为新疆生态环境保护提供科学依据。

本研究基于1980—2020年8期土地利用数据，在ArcGIS和GeoDa支撑下，利用当量因子法、空间自相关分析等方法，以10 km×10 km格网为计算单元对新疆ESV进行测算，分析新疆土地利用变化下ESV的时空演变特征，为推动区域可持续发展提供参考意见。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

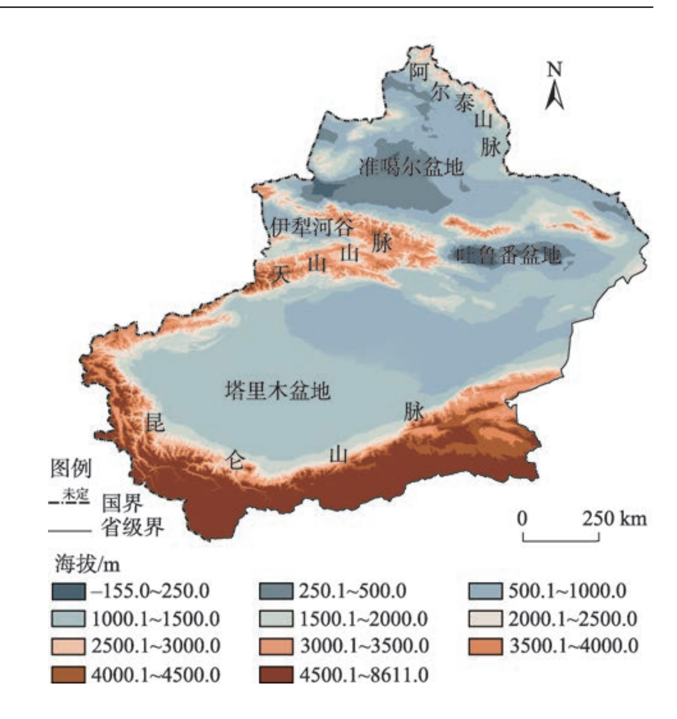
新疆（34°25′~48°10′N，73°40′~96°18′E）位于我国西北地区，亚欧大陆腹地，与巴基斯坦等八国接壤，总面积约为1.66×10⁶ km²，2020年末常住人口数为2585.23×10⁴人。新疆地貌特征以山地、盆地为主，山脉与盆地相间排列，盆地与高山环抱，简称为“三山夹两盆”，北部的阿尔泰山、南部的昆仑山以及中部的天山横亘于新疆中部，将新疆分为北疆和南疆（图1）。新疆属于典型的温带大陆性气候，年平均气温为8.7 ℃，年平均降水量为199.6 mm。

1.2 数据来源

1980—2020年共8期新疆土地利用遥感数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心（http://www.resdc.cn），数据以各期Landsat TM/ETM遥感影像为主要数据源，通过人工目视解译生成。根据土地资源及其属性，将土地利用类型划分为草地、耕地、水域、林地、建设用地、未利用地。粮食的产量、价格和种植面积数据来源于《新疆统计年鉴2019》和《全国农产品成本收益资料汇编2019》。

1.3 研究方法

1.3.1 生态服务系统价值测算 ESV评价方法主要是功能价值法和当量因子法。本研究以Costanza等[3]



注：该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为GS(2019)3333号的标准地图制作，底图边界无修改。下同。

图1 研究区位置示意图

Fig. 1 Location of the study area

和谢高地等[17]修正后的中国生态系统单位面积生态服务当量表为依据，结合新疆社会经济发展情况，对新疆单位面积粮食产量创造的经济价值进行修正。建设用地的ESV较低且影响程度和范围小，目前尚未发现对建设用地ESV测算比较好的量化方法，本文根据谢高地等修正后的当量因子表为依据，在该当量表中未对建设用地ESV进行计算，将其系数设为0。通过查询《新疆统计年鉴》可以得出，1980—2018年新疆平均粮食单产为5428.70 kg·hm⁻²，2018年的新疆平均粮食价格为1.98 元·kg⁻¹[10]，根据“一个标准生态系统服务经济价值等效系数是单位面积农田的食物生产经济价值的1/7”[18]，计算出新疆一个ESV当量因子为1535.55 元·hm⁻²，其次通过与修正后的当量表相乘得出新疆生态系统单位面积服务价值系数表（表1），最后计算新疆ESV。EVS公式计算如下：

$$VC_0 = \frac{1}{7}\sum_{i=1}^{n}\frac{m_i p_i q_i}{M},\quad i = 1, 2, \cdots, n \qquad (1)$$

式中：VC_0为单位面积ESV当量（元·hm⁻²）；i为主要粮食种类；m_i为第i种粮食作物的播种面积（hm²）；p_i为第i种粮食作物的当年价格（元·kg⁻¹）；q_i为第i种粮食作物的单位面积产量（kg·hm⁻²）；M为研究区主

表1　新疆土地利用类型的ESV系数

Tab. 1　ESV coefficients of land use categories in Xinjiang　/元·hm^{-2}

功能类型	类别	林地	草地	耕地	水域	未利用地	建设用地
供给服务	食物生产	506.73	660.29	1535.55	813.84	30.71	0.00
	原料生产	4575.94	552.80	598.86	537.44	61.42	0.00
调节服务	气体调节	6633.58	2303.33	1105.60	783.13	92.13	0.00
	气候调节	6249.69	2395.46	1489.48	3163.23	199.62	0.00
	水文调节	6280.40	2334.04	1182.37	28822.27	107.49	0.00
	废物处理	2641.15	2026.93	2134.41	22802.92	399.24	0.00
支出服务	土壤保持	6172.91	3439.63	2257.26	629.58	261.04	0.00
	生物多样性	6925.33	2871.48	1566.26	5266.94	614.22	0.00
文化服务	美学景观	3193.94	1335.93	261.04	6817.84	368.53	0.00
合计		43179.67	17919.89	12130.83	69637.19	2134.40	0.00

要粮食作物总面积(hm^2)。

$$\mathrm{ESV}=\sum\left(A_k\times \mathrm{VC}_k\right) \tag{2}$$

$$\mathrm{ESV}_f=\sum\left(A_k\times \mathrm{VC}_{fk}\right) \tag{3}$$

式中:A_k为k地类面积;VC_k为ESV系数;ESV_f为第f项ESV;VC_{fk}为地类k的第f项ESV系数。

1.3.2　全局空间自相关分析　本研究采用Moran's I对10 km×10 km格网下新疆ESV进行全局自相关度量和检验,Moran's I可以表征整个新疆ESV空间自相关的总体变化趋势,其取值范围在−1~1之间,当Moran's I>0表示空间正相关,数值越大,正相关性越显著,空间集聚性越强;Moran's I<0则相反;当Moran's I=0表示空间不相关[18],空间单元随机分布,其计算公式为:

$$\text{Moran's } I=\frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}\left(x_i-\bar{x}\right)\left(x_j-\bar{x}\right)}{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}} \tag{4}$$

式中:x_i、x_j分别为格网i、j的属性值;$\bar{x}$为属性的平均值;w_{ij}为空间权重矩阵;n为格网数量。

1.3.3　局部空间自相关分析　局部空间自相关可用来检验局部区域的空间异质性和关联性[19],局部Moran's I_i指数可以表征新疆ESV空间相关性的局部特征,当局部Moran's I_i>0表示ESV值呈现出高−高或低−低集聚,当局部Moran's I_i<0表示ESV值呈现出低−高或高−低集聚[18],其公式如下:

$$\text{Moran's } I_i=\frac{n\left(x_i-\bar{x}\right)}{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)^2}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}\left(x_j-\bar{x}\right)^2 \tag{5}$$

1.3.4　热点分析　本研究采用热点分析(Getis-Ord G_i^*)检测新疆ESV变化在空间上形成的热点和冷点的分布格局,当ESV变化值大于邻近区域,将会形成明显的ESV增值热点区,代表着该区域的ESV涨幅显著[13];当ESV变化值小于邻近区域,则相反,其公式如下:

$$G_i^*(d)=\frac{\sum_{j=1}^{n}w_{ij}(d)x_j}{\sum_{j=1}^{n}x_j} \tag{6}$$

$$Z(G_i^*)=\frac{G_i^*-E(G_i^*)}{\sqrt{\mathrm{Var}(G_i^*)}} \tag{7}$$

式中:$w_{ij}(d)$为空间评价单元i、j的空间权重系数;$E(G_i^*)$为G_i^*值的数学期望;$\mathrm{Var}(G_i^*)$为G_i^*值的方差。

2　结果与分析

2.1　新疆土地利用类型时空演变分析

通过计算新疆1980—2020年土地利用面积(图2)可以发现,新疆土地利用类型主要以草地和未利用地为主,约占总面积的91.00%。1980—2020年新疆水域面积减少最多,减少了1.51×10^4 km^2(29.95%),林地和未利用地面积减少次之,分别减少1.00×10^4 km^2(26.62%)、0.95×10^4 km^2(0.94%)。草地和未利用地之间有着频繁的相互转换过程且二者流转面积最大,未利用地转为草地的面积为11.43×10^4 km^2(13.00%),草地转未利用地的面积为12.75×10^4 km^2(77.97%)。新疆存在介于荒漠和其他草地之间的过渡类型——荒漠草地,而这种用地类型使得草地和未利用地转化频繁[20]。1980—2020年新疆建设用地和耕地面积呈增长趋势,分别增长0.56×10^4 km^2(166.79%)、3.33×10^4 km^2(58.89%),其

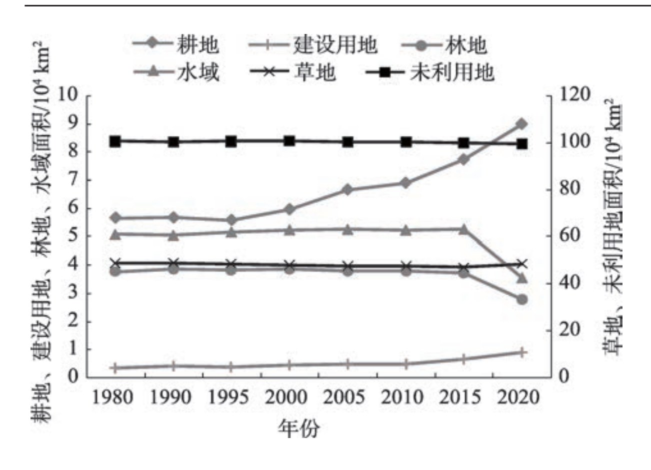


图2 1980—2020新疆土地利用面积

Fig. 2 Area of land use in Xinjiang from 1980 to 2020

中，建设用地面积的增加主要是由耕地转为建设用地，是随着经济社会的发展以及城市土地扩张造成的；耕地面积的增加是由草地和建设用地转为耕地，近20 a新疆耕地面积增加主要得益于国家土地政策和可持续发展理念。水域在1980—2015年变化不显著，从1980年的5.05×10⁴ km²增加到2015年的5.24×10⁴ km²(3.76%)，但在2015—2020年出现了大幅下降趋势，减少了1.70×10⁴ km²(32.49%)，其变化可能与气候变化导致的冰雪储存下降、冰川融化、零平衡线提升[21]有关。林地面积从1980年的3.75×10⁴ km²下降到2020年的2.75×10⁴ km²，减少了1.00×10⁴ km²(26.62%)，其中，2015—2020年减少了0.95×10⁴ km²(25.64%)。

从土地利用转移矩阵空间分布(图3)来看，新疆土地利用变化最频繁的区域主要集中在“三山”和绿洲地区。草地和未利用地转换频繁，未利用地转草地主要集中在山区，而草地转未利用地主要集中在绿洲。在全球气候变化影响下，新疆三大山系冰川有着不同幅度的消退[22]，冰川的消融改善了山区气候条件，使得山区未利用地尤其是之前被冰川

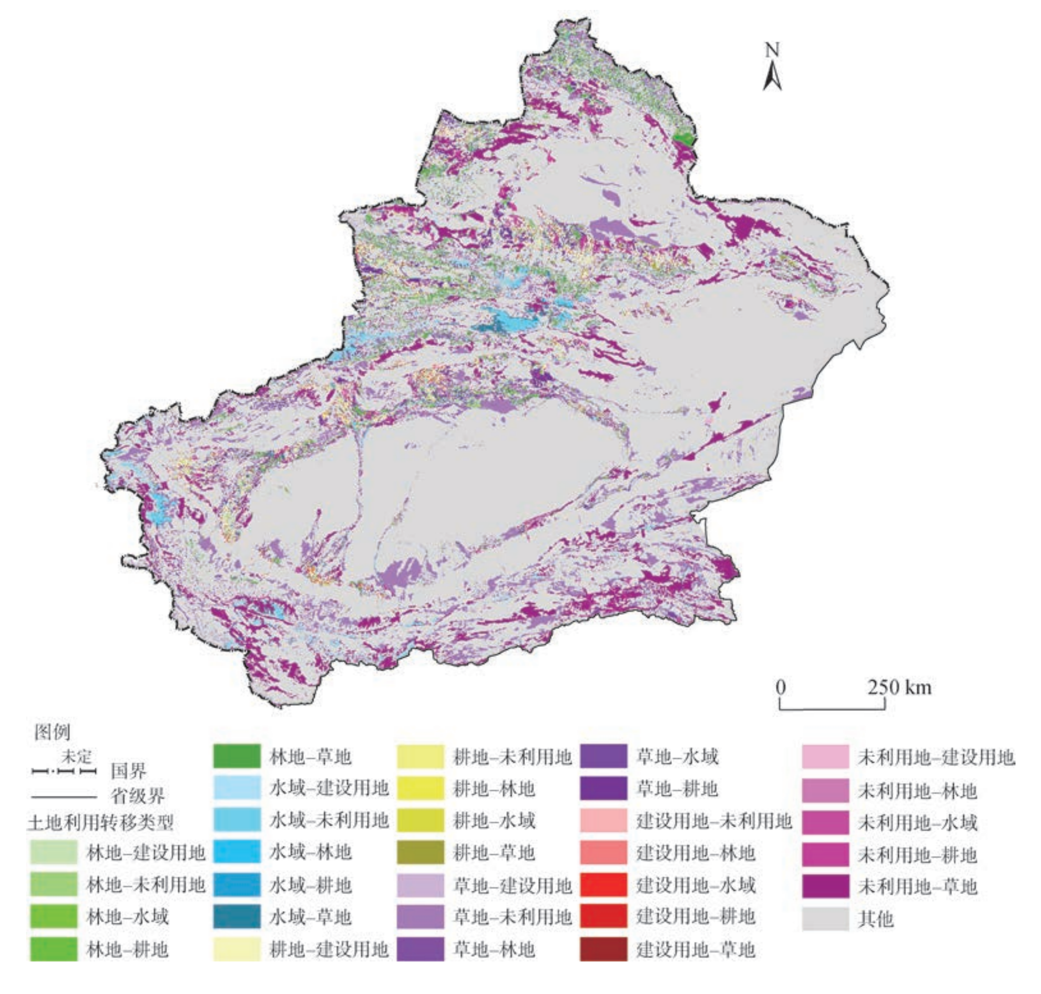


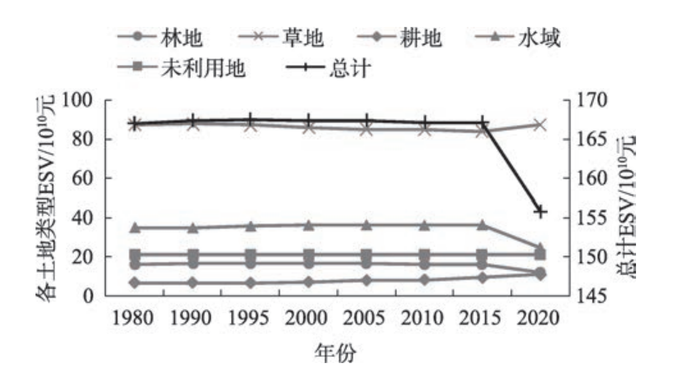
图3 1980—2020年新疆土地利用转移图

Fig. 3 Land use transfer map in Xinjiang from 1980 to 2020

积雪覆盖的地区很容易转化为草地。1997年以来，新疆气候特征也由"暖湿化"向"暖干化"转变[23]，使得绿洲本就不稳定的草地更容易向未利用地转化。建设用地转出的面积最小，仅有0.68×10⁴ km²(0.59%)；水域主要向草地和未利用地转化，主要发生在天山和昆仑山地区。

2.2 新疆生态系统服务价值时空变化

2.2.1 生态系统服务价值总价值时序变化　根据新疆土地利用数据和ESV系数，得到1980—2020年ESV变化情况(图4)。1980—2020年新疆生态系统服务总价值呈现"先增后减"的变化趋势，由1980年的166.95×10¹⁰元增加到1995年的167.51×10¹⁰元，增加了0.34%，之后逐渐减少，2020年达到最低值155.80×10¹⁰元。2015—2020年新疆生态系统服务总价值快速下降，减少了11.324×10¹⁰元(6.78%)。通过分析发现，林地和水域的ESV系数较大且大规模减少是造成ESV变化的主要原因之一。



注：ESV为生态系统服务价值。下同。

图4　1980—2020新疆各土地类型ESV变化

Fig. 4　ESV changes of each land use type of Xinjiang from 1980 to 2020

2.2.2 单项生态系统服务价值时序变化　1980—2020年新疆土地单项ESV变化中，除食物生产价值有小幅度的提升外，其他各项ESV均有不同程度的减少(表2)。水文调节、废物处理、美学景观、原料生产价值减少幅度较大，分别减少15.39%、11.07%、8.72%、6.19%，直接导致新疆生态系统服务总价值降低。食物生产价值不减反增得益于耕地和草地面积的增加。水文调节、废物处理、美学景观、原料生产价值等在1980—2015年变化较小，但在2015—2020年出现大幅度下降趋势，主要原因是水域和林地的大面积缩减。水域和林地是重要的生态系统，二者具有涵养水源、保育土壤、固碳释养、维持全球物质循环和水循环等功能。

从ESV的构成来看，新疆各年各单项ESV占土地生态系统服务总价值的比例是：水文调节>生物多样性>废物处理>土壤保持>气候调节>气体调节>美学景观>食物生产>原料生产。其中，水文调节、生物多样性、废物处理、土壤保持价值占各年生态系统服务总价值的60%以上。

2.3 生态系统服务价值的空间分析

2.3.1 生态系统服务价值的空间布局　为了进一步揭示新疆ESV的时空演变特征，本文使用格网法对研究区进行空间划分，在全面考虑研究区面积和最小可塑性单元对测算结果的尺度效应，经过多次反复试验，选择最适合研究区范围大小的10 km×10 km作为格网单元大小，对1980—2020年新疆ESV进行空间可视化，并采用自然间断点法将其划分为5个等级：低(0~0.6×10⁸元)、较低(0.6×10⁸~1.3×10⁸元)、中等(1.3×10⁸~2.2×10⁸元)、较高(2.2×10⁸~3.8×10⁸元)、高(3.8×10⁸~6.9×10⁸元)(图5a~h)。研究表明：新疆ESV空间分布较为明显，整体呈现"西高东

表2　1980—2020新疆土地单项生态系统服务价值变化

Tab. 2　Changes of individual service value of land ecosystem in Xinjiang from 1980 to 2020　　/10⁸元

年份	食物生产	原料生产	气体调节	气候调节	水文调节	废物处理	土壤保持	生物多样性	美学景观	合计
1980	499.43	563.70	1565.72	1845.95	3002.21	2759.01	2329.04	2630.06	1499.65	16694.77
1990	500.90	568.50	1575.50	1854.53	3003.36	2757.24	2340.11	2638.15	1501.78	16740.07
1995	498.51	565.49	1566.59	1848.35	3027.84	2776.98	2327.46	2634.17	1505.83	16751.22
2000	500.73	565.58	1557.68	1842.17	3040.51	2790.23	2315.39	2627.42	1504.37	16744.08
2005	508.26	565.23	1551.85	1838.91	3040.17	2797.69	2312.07	2621.53	1498.94	16734.65
2010	511.04	564.84	1550.61	1837.85	3031.73	2793.97	2312.63	2619.02	1495.39	16717.08
2015	520.15	564.28	1543.87	1834.31	3034.70	2805.15	2308.90	2612.02	1489.31	16712.69
2020	532.37	528.79	1521.74	1781.51	2540.28	2453.59	2327.82	2525.33	1368.83	15580.26

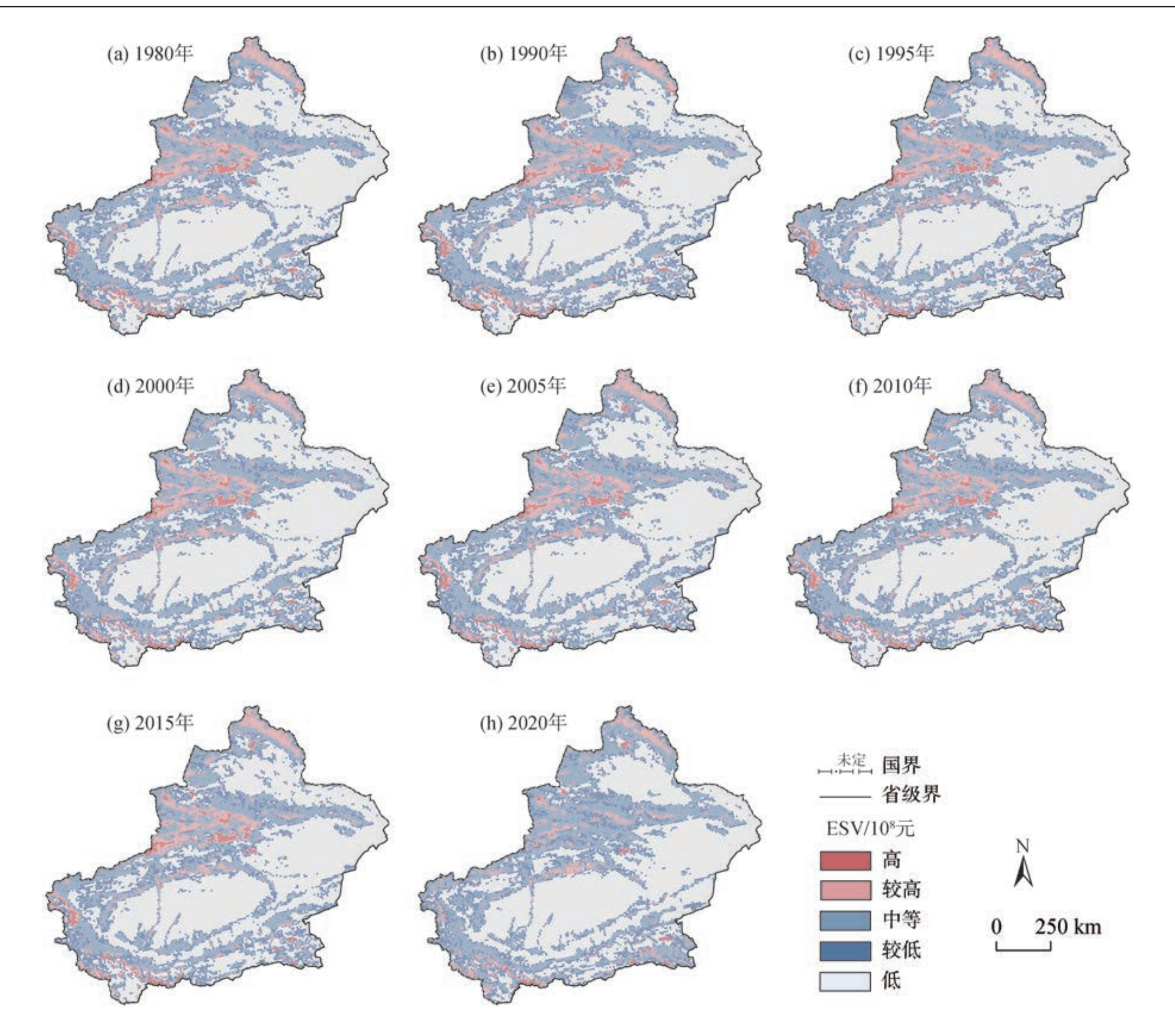


图5 1980—2020年新疆ESV的空间分布

Fig. 5 Spatial distributions of ESV in Xinjiang from 1980 to 2020

低”的空间分布格局，与新疆“三山夹两盆”的地形相吻合。ESV较高和高价值区主要分布在“三山”以及伊犁河谷地区，这些区域植被茂盛，区域水资源和生物多样性较为丰富；中等和较低价值区主要分布在绿洲，该区域植被较为稀疏，受人类活动影响大；低价值区主要分布在盆地，该区域主要是以沙漠为主，植被覆盖率低、生态环境脆弱。从空间格局演变来看，前7期的ESV等级分布变化不太明显，高值区和较高值区分布零散且分布面积小，主要分布在“三山”地区。2015—2020年高值区和较高值区面积显著减少，其主要原因可能还是水域和林地面积的减少，其中变化最为显著的是北、中天山地区。

2.3.2 2015—2020年新疆北、中天山地区ESV空间分布 天山山系主要包括北天山、中天山、南天山，本文中提到的天山山脉具体指北、中天山。根据1980—2020年新疆整体ESV空间分布可知，2015—2020年新疆北、中天山地区ESV的变化十分显著（图6a~b），所以本研究选取北、中天山地区所在区域进行重点分析。根据范围大小以及最小可塑性单元对测算结果的尺度效应规则将北、中天山地区按5 km×5 km格网进行详细地分析。新疆北、中天山地区ESV从2015年的6255.92×10^8元下降到2020年的5391.20×10^8元，减少了864.72×10^8元（13.82%）。主要是因为水域和林地面积的减少，分别减少1.16×10^4 km^2（56.23%）、0.60×10^4 km^2（35.26%）。林地面积减少主要是向草地和耕地转变，林地转为草地主要分布在天山山区，林地转为耕地主要分布在绿洲地区，天山地区林地面积的减少可能与林业活动有关，如森林砍伐等。根据图6可知，新疆北、中天山

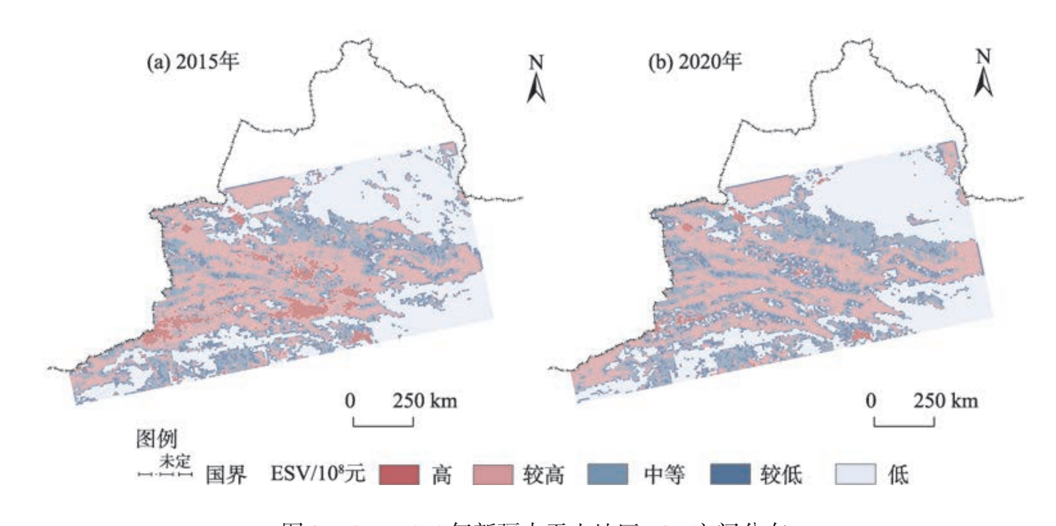


图6 2015、2020年新疆中天山地区ESV空间分布

Fig. 6 Spatial distributions of ESV around the middle Tianshan Mountains area in Xinjiang in 2015 and 2020

ESV高、较高质量区呈减少趋势，其中高质量区减少最为明显，减少75.29%，空间分布特征也由集中走向分散。高、较高质量区位于海拔较高的山区，受人类活动影响小，其面积缩减主要是气候变化的结果。中等、较低质量区呈增长趋势，分别增长13.64%、10.78%，主要分布在绿洲，受到人类活动影响大，其范围有向高、较高质量区扩散趋势。低质量区增长率为2.36%，范围向中等质量区扩散。

从空间分布上来看，天山北坡中等、较低质量区增多，主要是从高、较高质量区转换而来。天山北坡高、较高质量区的减少与天山北坡经济带的建设有一定关系，田浩等认为天山北坡经济带有超过半数的耕地和建设用地处于底线型和危机型生态空间，存在很大的生态安全冲突，加剧了盐渍化、沙漠化的进程[24]，进而影响了天山北坡的ESV。天山南坡高、较高质量区的减少与水域面积的转出有着密切的关系。

新疆天山的水资源养育着天山南北坡人们的生产和生活活动。随着气候的变暖，冰川退缩和消融[23]减少了水资源供给，同时加剧了干旱和荒漠化现象[25]，农业灌溉和社会经济发展等人类活动也在大量消耗着天山地区的水资源[26]，导致了新疆北、中天山地区的ESV下降。

2.3.3 生态系统服务价值的空间自相关分析 通过Moran指数对新疆ESV进行全局自相关分析，发现1980—2020年8个时期的新疆ESV全局Moran's *I*值均在0.7以上且*P*值均小于0.001，说明新疆ESV在0.001水平上具有显著的空间正相关性和聚集性。其中2020年Moran's *I*值最低，为0.7021，说明新疆ESV的空间正相关性有减弱趋势。

根据1980—2020年新疆ESV的局部空间自相关（图7a~b）和冷热点分析（图7c~d）发现，二者在1980—2015年变化不大，但在2015—2020年变化显著。整体来讲，新疆ESV的空间聚集特征和冷热点分布是一致的，呈现“西高-东低”趋势。高-高集聚区、热点区主要分布在“三山”和伊犁河谷地区；低-低集聚区、冷点区分布较为集中，主要分布在盆地和沙漠地区；局部空间自相关和冷热点的不显著区域在全疆范围内均匀分布。2015—2020年新疆ESV高值聚类和低值聚类均增强，但是低-低集聚区依然占据主导位置，其中高值聚类增强是由ESV的低价值区向中等价值区转变造成的，低-低集聚区、冷点区由分散向集中转变。

3 讨论

水域和林地面积的减少是造成新疆ESV下降的主要原因。近40 a新疆水域和林地面积的减少最为显著，特别是在2015—2020年出现在大幅度下降，水域和林地价值系数大且是重要的生态系统，新疆ESV受到水域和林地面积的影响且与二者变化一致。随着社会经济的发展，2018年新疆积极落实城乡建设用地增减挂钩节余指标跨省调剂政策是建设用地增加的重要原因，建设用地面积增加导致新疆ESV下降。自2000年以来，新疆建设用地面积不断扩大，建设用地面积由1980年的0.34×10^4 km^2

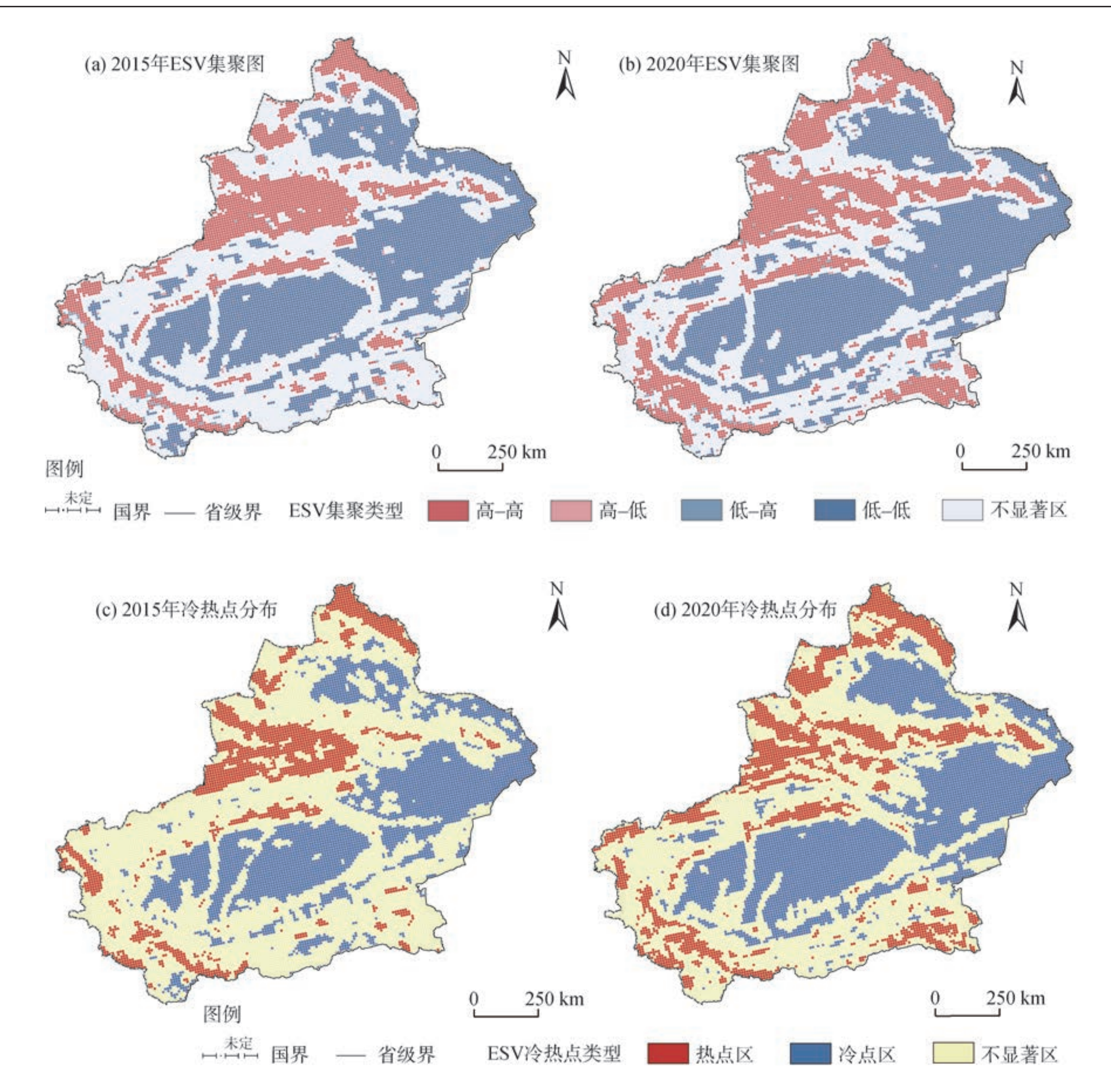


图7　2015—2020年新疆ESV的LISA集聚图和冷热点分布

Fig. 7　LISA cluster diagram and distribution of cold and hot spots of ESV in the study area from 2015 to 2020

增长至2020年的0.90×10⁴ km²，其中包括大型水利设施的修建，水利设施的修建对地形要求较高，主要分布在河流、山地地区，使得山地林、草土地利用向建设用地和耕地转变[27]。新疆ESV下降可能受到人类活动的影响，在过去的40 a新疆人口呈快速增长趋势，从1980年的1283.24×10⁴人增加到2020年的2590×10⁴人，尤其是2015—2020年，人口增长速度最快，增长了205×10⁴人；GDP从1980年的53.24×10⁸元增长到2020年的13797.58×10⁸元，扩大近260倍，新疆人口增加、经济发展均与土地利用变化有着密切的联系。新疆属于干旱地区，作为“一带一路”的枢纽核心，可以预见新疆ESV下行压力巨大。

本文的研究成果与郭亚红等[15]、张帅等[12]对新疆和田地区、塔里木河流域ESV研究成果一致，研究期内区域林地和水域面积减少，ESV呈下降趋势，新疆生态环境质量恶化[28]。但与刘川等[16]对新疆ESV研究的成果不太相符，其采用新疆维吾尔自治区国土资源厅详查的土地利用数据对新疆的ESV进行测算，认为2007—2016年新疆ESV呈增加趋势，增加309.70×10⁸元(0.75%)，而本文采用中国科学院资源环境科学与数据中心的土地利用数据计算ESV，研究表明2005—2015年新疆的ESV减少了21.97×10⁸元(0.13%)。可能是由于数据源的差异

(前者属于调查数据,后者属于遥感数据)与时间范围不同所导致结果存在差异。

4 结 论

(1) 1980—2020年草地和未利用地约占土地总面积的91.00%。近40 a,耕地和建设用地分别增加58.89%和166.79%,水域和林地分别减少29.95%和26.62%。未利用地和草地之间的转换面积最大。

(2) 1980—2020年新疆ESV总体呈现"先增后减"的趋势,净减少6.68%,水域面积和林地面积的减少是导致新疆ESV下降的主要原因之一。从空间分布来看,新疆ESV较高和高价值区主要分布在"三山"和伊犁地区,中等和较低价值区主要分布在绿洲,低价值区主要分布在盆地、沙漠地区。

(3) 2015—2020年新疆北、中天山地区ESV变化显著,空间分布特征由集中走向分散,高值区和较高值区分别减少75.29%和4.83%,被中等价值区和较低值区取代;低价值区向中等价值区转移。

(4) 从ESV的空间自相关分析来看,局部自相关和热点分析呈现"西高东低"的空间分布特点,高-高集聚区和热点区均主要分布在"三山"和伊犁地区;低-低集聚区和冷点区主要分布在盆地和沙漠地区。

参考文献(References)

[1] Xie H, He Y, Choi Y, et al. Warning of negative effects of land-use changes on ecological security based on GIS[J]. Science of the Total Environment, 2020, 704: 135427, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135427.

[2] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254. [Xie Gaodi, Zhang Caixia, Zhang Leiming, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area[J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(8): 1243-1254.]

[3] Costanza R, d'Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.

[4] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196. [Xie Gaodi, Lu Chunxia, Leng Yunfa, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau[J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(2): 189-196.]

[5] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740-1746. [Xie Gaodi, Zhang Caixia, Zhang Changshun, et al. The value of ecosystem services in China[J]. Resources Science, 2015, 37(9): 1740-1746.]

[6] 刘慧明, 高吉喜, 刘晓, 等. 国家重点生态功能区2010—2015年生态系统服务价值变化评估[J]. 生态学报, 2020, 40(6): 1865-1876. [Liu Huiming, Gao Jixi, Liu Xiao, et al. Monitoring and assessment of the ecosystem services value in the national key ecological function zones[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(6): 1865-1876.]

[7] 姜晗, 吴群. 基于LUCC的江苏省生态系统服务价值评估及时空演变特征研究[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(11): 2712-2725. [Jiang Han, Wu Qun. Ecosystem services value evalution and temporal-spatial evolution characteristics in Jiangsu Province based on LUCC[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2021, 30(11): 2712-2725.]

[8] 王波, 杨太保. 1980—2018年银川市生态系统服务价值评价及驱动力分析[J]. 干旱区地理, 2021, 44(2): 552-564. [Wang Bo, Yang Taibao. Value evaluation and driving force analysis of ecosystem services in Yinchuan City from 1980 to 2018[J]. Arid Land Geography, 2021, 44(2): 552-564.]

[9] 刘志涛, 王少剑, 方创琳. 粤港澳大湾区生态系统服务价值的时空演化及其影响机制[J].地理学报, 2021, 76(11): 2797-2813. [Liu Zhitao, Wang Shaojian, Fang Chuanglin. Spatiotemporal evolution and influencing mechanism of ecosystem service value in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area[J]. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(11): 2797-2813.]

[10] 张发, 玉素甫江·如素力. 基于LUCC追踪分析的生态系统服务价值时空变化研究——以博斯腾湖流域为例[J]. 北京林业大学学报, 2021, 43(7): 88-99. [Zhang Fa, Rusuli Yusufujiang. Spatio-temporal variation of ecosystem service value based on LUCC trajectories: A case study of Bosten Lake Watershed[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2021, 43(7): 88-99.]

[11] 王希义, 徐海量, 潘存德, 等. 和田河流域土地生态系统服务价值变化及敏感性研究[J]. 水土保持研究, 2017, 24(6): 334-340. [Wang Xiyi, Xu Hailiang, Pan Cunde, et al. Study on the service value of land ecosystem and sensitivity in Hotan River Basin[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2017, 24(6): 334-340.]

[12] 张帅, 汪洋, 安沙舟. 典型内陆盆地生态系统服务价值对土地利用变化的响应[J]. 新疆农业科学, 2021, 58(4): 766-777. [Zhang Shuai, Wang Yang, An Shazhou. Analysis on the characteristics of temporal and response of ecosystem service value of typical inland basin to land use change[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2021, 58(4): 766-777.]

[13] 冉玉菊, 雷冬梅, 刘林, 等. 滇中城市群2000—2020年土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 水土保持通报, 2021, 41(4): 310-322. [Ran Yuju, Lei Dongmei, Liu Lin, et al. Impact of land use change on ecosystem service value in urban agglomeration of central Yunnan Province during 2000—2020[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(4): 310-322.]

[14] 郭椿阳, 高尚, 周伯燕, 等. 基于格网的伏牛山区土地利用变化

对生态服务价值影响研究[J]. 生态学报, 2019, 39(10): 3482-3493. [Guo Chunyang, Gao Shang, Zhou Boyan, et al. Effects of land use change on ecosystem service value in Funiu Mountain based upon a grid square[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(10): 3482-3493.]

[15] 郭亚红, 阿布都热合曼·哈力克, 魏天宝, 等. 基于土地利用变化的和田地区生态系统服务价值分析[J]. 生态学报, 2021, 41(16): 6363-6372. [Guo Yahong, Halik Abdirahman, Wei Tianbao, et al. The ecosystem service value evaluation of Hotan area based on land use changes[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(16): 6363-6372.]

[16] 刘川, 石晶. 基于土地利用变化的新疆生态系统服务价值研究[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(10): 70-73, 78. [Liu Chuan, Shi Jing. Study on Xinjiang ecosystem service value based on land use change[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 47(10): 70-73, 78.]

[17] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 911-919. [Xie Gaodi, Zhen Lin, Lu Chunxia, et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China[J]. Journal of Natural Resources, 2008, 23(5): 911-919.]

[18] 邓楚雄, 钟小龙, 谢炳庚, 等. 洞庭湖区土地生态系统的服务价值时空变化[J]. 地理研究, 2019, 38(4): 844-855. [Deng Chuxiong, Zhong Xiaolong, Xie Binggeng, et al. Spatial and temporal changes of land ecosystem service value in Dongting Lake area in 1995—2015[J]. Georaphical Research, 2019, 38(4): 844-855.]

[19] 侯孟阳, 姚顺波, 邓元杰, 等. 格网尺度下延安市生态服务价值时空演变格局与分异特征——基于退耕还林工程的实施背景[J]. 自然资源学报, 2019, 34(3): 539-552. [Hou Mengyang, Yao Shunbo, Deng Yuanjie, et al. Spatial-temporal evolution pattern and differentiation of ecological service value in Yan'an City at the grid scale based on sloping land conversion program[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(3): 539-552.]

[20] 陈宸, 井长青, 邢文渊, 等. 近20年新疆荒漠草地动态变化及其对气候变化的响应[J]. 草业学报, 2021, 30(3): 1-14. [Chen Chen, Jing Changqing, Xing Wenyuan, et al. Desert grassland dynamics in the last 20 years and its response to climate change in Xinjiang[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2021, 30(3): 1-14.]

[21] 徐丽萍, 李鹏辉, 李忠勤, 等. 新疆山地冰川变化及影响研究进展[J]. 水科学进展, 2020, 31(6): 946-959. [Xu Liping, Li Penghui, Li Zhongqin, et al. Advances in research on changes and effects of glaciers in Xinjiang mountains[J]. Advances in Water Science, 2020, 31(6): 946-959.]

[22] 姚俊强, 毛炜峄, 陈静, 等. 新疆气候"湿干转折"的信号和影响探讨[J]. 地理学报, 2021, 76(1): 57-72. [Yao Junqiang, Mao Weiyi, Chen Jing, et al. Signal and impact of wet-to-dry shift over Xinjiang, China[J]. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(1): 57-72.]

[23] 姚俊强, 陈静, 迪丽努尔·托列吾别克, 等. 新疆气候水文变化趋势及面临问题思考[J]. 冰川冻土, 2021, 43(5): 1498-1511. [Yao Junqiang, Chen Jing, Tuoliewubieke Dilinuer, et al. Trend of climate and hydrology change in Xinjiang and its problems thinking [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2021, 43(5): 1498-1511.]

[24] 田浩, 刘琳, 张正勇, 等. 天山北坡经济带关键性生态空间评价[J]. 生态学报, 2021, 41(1): 401-414. [Tian Hao, Liu Lin, Zhang Zhengyong, et al. Evaluation on the critical ecological space of the economic belt of Tianshan north slope[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(1): 401-414.]

[25] 慈龙骏, 杨晓晖, 陈仲新. 未来气候变化对中国荒漠化的潜在影响[J]. 地学前缘, 2002, 9(2): 287-294. [Ci Longjun, Yang Xiaohui, Chen Zhongxin. The potential impacts of climate change scenarios on desertification in China[J]. Earth Science Frontiers, 2002, 9(2): 287-294.]

[26] 古丽孜巴·艾尼. 新疆"十四五"水资源优化科技规划探析[J]. 水利技术监督, 2022(4): 12-15. [Aini Guliziba. Analysis of the scientific and technological planning of water resources optimization in the 14th Five-Year Plan of Xinjiang[J]. Technical Supervision in Water Resources, 2022(4): 12-15.]

[27] 黄强, 邓铭江, 畅建霞, 等. 生态水利学初探[J]. 人民黄河, 2021, 43(10): 17-23. [Huang Qiang, Deng Mingjiang, Chang Jianxia, et al. Preliminary study on ecological water conservancy[J]. Yellow River, 2021, 43(10): 17-23.]

[28] 翟玉鑫, 张飞云, 马丽娜. 近40年新疆三生用地转型及其生态环境效应演变[J]. 土壤通报, 2022, 53(3): 514-523. [Zhai Yuxin, Zhang Feiyun, Ma Li'na. Changes of production-living-ecology land transformation and eco-environmental effects in Xinjiang in last 40 years[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2022, 53(3): 514-523.]

Temporal and spatial evolution of ecosystem service value under land use change in Xinjiang from 1980 to 2020

MA Li'na[1], ZHANG Feiyun[1], ZHAI Yuxin[1], TENG Lun[1], KANG Jianguo[2]

(1. School of Public Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China;
2. School of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, Hunan, China)

Abstract: With the development of the social economy, exploring the temporal and spatial evolutions of the ecosystem service value (ESV) under land use change is greatly significant in optimizing the land use structure and regional sustainable development. Based on the land use data of Xinjiang, China from 1980 to 2020 and with the support of ArcGIS and GeoDa, this study uses the unit area equivalent factor method and spatial autocorrelation to analyze the temporal and spatial evolution characteristics of the ESV under land use change in Xinjiang. The results show that the main land use types in Xinjiang from 1980 to 2020 are grassland and unused land, which accounted for 91.00% of the total area of Xinjiang. The area of cultivated and construction lands increased by 58.89% and 166.79%, respectively. The water and forest land areas decreased the most by 29.95% and 26.62%, respectively. From 1980 to 2020, the ESV in Xinjiang generally showed a change trend of "first increasing, and then decreasing", depicting a net decrease of 1114.51×10^8 yuan or 6.68%. From the spatial distribution perspective, the high-and second high-value areas of the ESV in Xinjiang were mainly distributed in Altai, Kunlun, and Tianshan Mountains (i.e., Three Mountains) and the Ili River Valley. The medium- and second low-value areas were distributed in the oasis area. The low-value area was mainly distributed in the basin and desert areas. From 1980 to 2015, the ESV in Xinjiang only slightly changed. In contrast, from 2015 to 2020, that in the middle Tianshan Mountains significantly changed. During this period, the high-value area in the northern and middle Tianshan Mountains decreased by 75.29% and was replaced by the medium- and second low-value areas. The middle- and second low-value areas increased by 13.64% and 10.78%, respectively. The low-value areas move toward some medium-value ones. From the perspective of the spatial autocorrelation of the ESV, the local correlation and hot spot analysis showed the spatial distribution characteristic of high in the west and low in the east. The high-high-concentration and hot spot areas were distributed in the Three Mountains area, while the low-low-concentration and cold spot areas were distributed in the basin and desert areas. The water and forest land area decline is one of the primary reasons for the total ESV decline in Xinjiang from 2015 to 2020.

Key words: ecosystem services value; spatial-temporal variation; land use change; Xinjiang